

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-311721

(43)Date of publication of application : 09.11.1999

(51)Int.Cl.

G02B 6/42

G02B 6/34

H01L 31/12

(21)Application number : 10-146633

(71)Applicant : OKI ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 12.05.1998

(72)Inventor : OKUDA KEIJI
KATSUKI YOICHIRO

(30)Priority

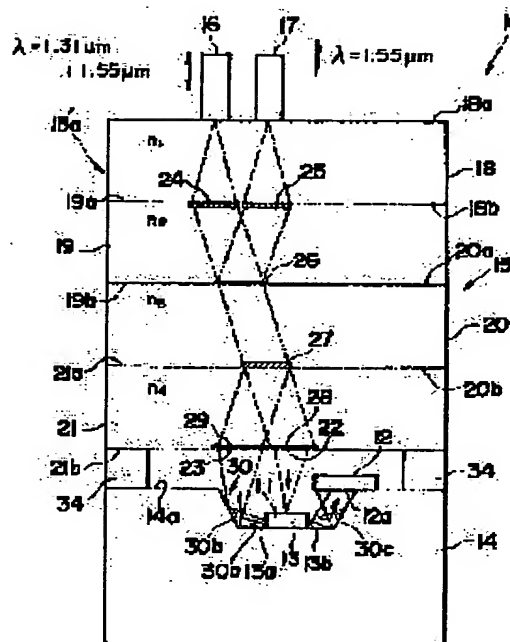
Priority number : 10 64266 Priority date : 27.02.1998 Priority country : JP

(54) OPTICAL COUPLING MODULE AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To manufacture an optical coupling module which is easily aligned and usable as an optical communication terminal station capable of reducing the manufacturing cost.

SOLUTION: This optical coupling module 10 includes a semiconductor substrate 14 which has a top surface 14a processed into a mirror surface and also has an optical function element 11 mounted on the top surface so that its optical function surface is almost in parallel to the top surface 14a and the opposite-side reverse surface faces the top surface 14a and an optical device 15 which is supported on the top surface 14a of the semiconductor substrate so that it is optically coupled with the optical function element 11.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

28.02.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

24.06.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-311721

(43) 公開日 平成11年(1999)11月9日

(51) Int.Cl.⁹

識別記号

F I

G 0 2 B 6/42

G 0 2 B 6/42

6/34

6/34

H 0 1 L 31/12

H 0 1 L 31/12

G

審査請求 未請求 請求項の数29 F D (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平10-148633

(71) 出願人 000000295

沖電気工業株式会社

(22) 出願日 平成10年(1998) 5月12日

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(31) 優先権主張番号 特願平10-64266

(72) 発明者 奥田 圭二

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内

(32) 優先日 平10(1998) 2月27日

(72) 発明者 香月 陽一郎

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

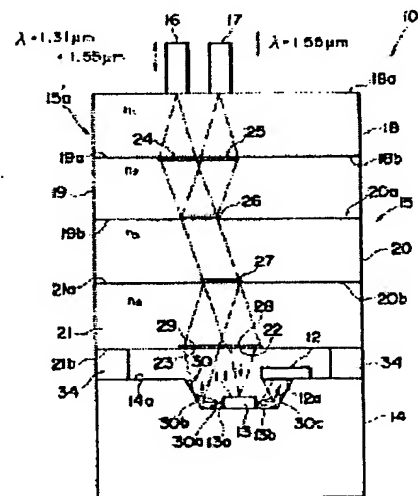
(74) 代理人 弁理士 佐藤 幸男 (外 1 名)

(54) 【発明の名称】 光結合モジュールおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 アライメント作業が容易であり、製造コストの低減を図ることができる光通信端末局として用いるのに好適な光結合モジュールを提供する。

【解決手段】 鏡面処理を受けた表面14aを有し該表面上に光機能素子11がその光機能面11aを表面14aとほぼ平行にかつ該光機能面と反対側の表面を表面14aに向けて搭載される半導体基板14と、該半導体基板の前記表面14a上に前記光機能素子11に光学的に結合されるべく支持される光学装置15を含む。



本発明に係る光結合モジュールの具体例1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 鏡面処理を受けた表面を有し該表面上に光機胞素子とその光機胞面を前記表面とほぼ平行にかつ該光機胞面と反対側の表面を前記表面に向けて搭載される半導体基板と、該半導体基板の前記表面上に前記光機胞素子に光学的に結合されるべく支持される光学装置とを含む光結合モジュール。

【請求項 2】 前記半導体基板の前記表面および該表面に対向する前記光学装置の端面には、前記光学的結合の最適位置を表示するための一組のアライメントマークが付されていることを特徴とする請求項 1 記載の光結合モジュール。

【請求項 3】 前記表面には、前記光機胞素子を収容する凹所が形成され、該凹所に収容される前記光機胞素子は前記光機胞面を受光面とする受光素子である請求項 1 記載の光結合モジュール。

【請求項 4】 前記凹所は前記半導体基板の前記表面へのエッチング処理により形成されることを特徴とする請求項 1 記載の光結合モジュール。

【請求項 5】 前記凹所には、複数の受光素子が並列して配置されており、各受光素子が前記光学装置にそれぞれ光学的に結合されている請求項 3 記載の光結合モジュール。

【請求項 6】 さらに、前記光学装置に光学的に結合されかつ前記凹所に配置される発光素子であって少なくとも一端に発光面を有する端面発光型発光素子を含む請求項 3 記載の光結合モジュール。

【請求項 7】 前記凹所の底面には、前記受光素子および前記発光素子の位置決めのためのアライメントマークが付されていることを特徴とする請求項 6 記載の光結合モジュール。

【請求項 8】 前記アライメントマークは、前記光機胞素子のための、フォトリソグラフィを利用して前記半導体基板上に形成される電極である請求項 7 記載の光結合モジュール。

【請求項 9】 前記発光素子は前記発光面を前記凹所の一方の側壁面のうちの一方の側壁面に向けて配置され、前記一方の側壁面の少なくとも一部は前記発光面からの光を前記光学装置へ向けて案内する反射面を規定する請求項 6 記載の光結合モジュール。

【請求項 10】 さらに、前記発光素子からの発光を監視するための前記半導体基板上に配置されたモニタ用受光素子を含み、前記発光素子はその他端に補助発光面を備え、前記凹所の他方の側壁面の少なくとも一部は前記発光素子の前記補助発光面から発せられる光を前記モニタ用受光素子へ向けて案内する反射面を規定する請求項 9 記載の光結合モジュール。

【請求項 11】 前記光学装置は、その一方の端面に、互いに異なる波長の光が信号媒体として重ね合わされた多重光を受ける第 1 の入力端と、該入力端に受けた多重

光から分離された第 1 の波長成分の光を出力する第 1 の出力端とを備え、またその他方の端面に、前記多重光から分離される第 2 の波長成分の光に関し前記第 1 の入力端へ向けての双方向通信を可能とするための第 2 の入力端および第 2 の出力端を備え、前記光学装置は、前記第 2 の入力端および前記第 2 の出力端を前記発光素子および前記受光素子の前記発光面および前記受光面のそれぞれに対応させるべく、前記一方の端面を前記半導体基板の前記表面に対向させて該半導体基板に支持されている請求項 9 記載の光結合モジュール。

【請求項 12】 前記光学装置の前記一方の端面および前記半導体基板の前記表面には、前記第 2 の入力端および前記第 2 の出力端が前記発光素子および前記受光素子の前記発光面および前記受光面のそれぞれに対応する整合位置を表示するための一組のアライメントマークが付されていることを特徴とする請求項 11 記載の光結合モジュール。

【請求項 13】 前記光学装置は、光学素子として計算機プログラムが組み込まれた複数の光学基板を積層して形成された積層体を備える請求項 11 記載の光結合モジュール。

【請求項 14】 前記凹所を第 1 の凹所とし、該第 1 の凹所の底面には、該第 1 の凹所の開放面積より小さい開放面積を有する第 2 の凹所が形成されており、該第 2 の凹所内には前記受光素子が配置されている請求項 6 記載の光結合モジュール。

【請求項 15】 前記第 2 の凹所を除く前記第 1 の凹所の底面には、前記発光素子が配置され、該発光素子および前記第 2 の凹所内の前記受光素子は前記発光素子の光軸に沿って該発光素子と相互に並列して配置されている請求項 14 記載の光結合モジュール。

【請求項 16】 前記半導体基板は該半導体基板により前記表面が規定される積層構造を有する複合基板の一部を構成し、前記半導体基板には、前記第 1 の凹所が形成され、さらに前記第 1 の凹所の底面には、前記第 2 の凹所のための開口が形成されている請求項 14 記載の光結合モジュール。

【請求項 17】 前記半導体基板は該半導体基板により前記表面が規定される積層構造を有する複合基板の一部を構成する請求項 1 記載の光結合モジュール。

【請求項 18】 前記複合基板は前記半導体基板と該半導体基板の表面に接合されたガラス板とからなる請求項 17 記載の光結合モジュール。

【請求項 19】 前記複合基板は前記半導体基板と該半導体基板の表面に接合されたセラミック板とからなる請求項 17 記載の光結合モジュール。

【請求項 20】 鏡面処理を受けた表面を有し該表面上に光機胞素子とその光機胞面を前記表面とほぼ平行にかつ該光機胞面と反対側の表面を前記表面に向けて搭載される半導体基板と、該半導体基板の前記表面上に前記光

機能素子に光学的に結合されるべく支持される光学装置とを含む光結合モジュールの製造方法であって、前記半導体基板の集合体となる半導体ウエハ上に多数の前記光機能素子を集積化して搭載すること、複数の前記光学装置を光学素子が組み込まれた複数の光学基板の積層体として集積化して形成すること、前記半導体ウエハ上の光機能素子と該光学素子に対応する前記積層体の光学素子とが光学的にそれぞれ結合するように前記半導体ウエハと前記光学基板の積層体とを接合することにより、光結合モジュールを集積化して形成すること、集積化して形成された複数の光結合モジュールを個々に分離することを特徴とする光結合モジュールの製造方法。

【請求項 21】 少なくとも1つの計算機プログラムが組み込まれた複数の光学基板を積層して形成された積層体であってその積層方向に位置する一方の端面に少なくとも1本の光ファイバが結合され、他方の端面に前記光ファイバから前記計算機プログラムを導く光の出力端または入力端が設けられた積層体を備える光学装置と、該光学装置の前記積層体を受け入れる凹所であってその深さ方向と直交な方向に前記積層方向を沿わせて前記積層体を横方向に受け入れる凹所が形成され、該凹所が開放する上面の一侧に前記光ファイバを位置決めするべく該光ファイバを受け入れる凹溝が形成されかつ前記凹溝が開放する前記上面の他側にアライメントマークが形成された半導体基板と、該半導体基板の前記上面上の前記アライメントマークにより規定される所定位置に配置され前記積層体の前記出力端または入力端に光学的に結合される光機能素子とを含み、前記半導体基板の前記上面の前記凹溝および前記アライメントマークは、単一のマスクを用いたホトリソグラフィおよびエッチング処理により形成されていることを特徴とする光結合モジュール。

【請求項 22】 前記アライメントマークは、前記光学素子のための電極である請求項 21記載の光結合モジュール。

【請求項 23】 前記凹所の深さ寸法は、前記光ファイバが前記凹溝に収容されるように前記積層体が前記凹溝に収容されたとき、前記凹所の底面と該底面に対向する前記積層体の側面との間に間隙をおく十分な深さ寸法を有する請求項 21記載の光結合モジュール。

【請求項 24】 前記積層体は全体に直方体形状を呈し、該積層体が前記凹溝に収容されたときに前記凹所の底面に対向する前記積層体の側面と前記光ファイバとの間隙は、前記凹溝の底部から前記凹所の底面までの距離よりも小さい請求項 21記載の光結合モジュール。

【請求項 25】 前記光ファイバは、該光ファイバの端部を受け入れる受け入れ孔が形成され前記積層体の一端に固着された接続板を介して前記積層体に接続されており、前記接続板は前記積層体と一体的に前記凹溝に収容されている請求項 21記載の光結合モジュール。

【請求項 26】 前記光学素子は半導体レーザであり、

前記積層体の他端には、該積層体と一体的に前記凹溝に収容され、前記半導体レーザからの光が該半導体レーザに帰還することを防止するための光非相反素子が設けられている請求項 21記載の光結合モジュール。

【請求項 27】 前記光ファイバには、該光ファイバを収容するフェルルルが装着されており、前記凹溝は前記フェルルルを介して前記光ファイバを受け入れる請求項 21記載の光結合モジュール。

【請求項 28】 前記光ファイバおよび該光ファイバを収容する前記フェルルルは前記積層体の前記半導体基板の端面を越えて突出する請求項 27記載の光結合モジュール。

【請求項 29】 前記光ファイバおよび該光ファイバを収容する前記フェルルルの前記半導体基板の前記端面を越えて突出する端部は、該端部を一端で受け入れるスリーブ部材であってその他端で前記端部に接続される光ファイバおよび該光ファイバの先端部を覆うフェルルルを受け入れるスリーブ部材と共に、電磁可飽和のセブタクル構造を構成する請求項 28記載の光結合モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光通信端末局に用いるのに好適な光結合モジュールおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、通信容量の大きな光通信のための光ファイバを各家庭にまで敷設する、いわゆるファイバ・ツー・ザ・ホーム (Fiber to the Home) と称する計画が進められている。この計画では、例えば1.3 μm および1.55 μm のそれぞれの波長帯域の光が相互に重ね合わされた多重光として、各家庭の通信端末局に送られる。

【0003】 このような多重光を受ける通信端末局のための光学装置の光学素子に、例えば特開平9-147115号明細書に記載されているように、CGH素子 (Computer generated hologram) を利用することが提案されている。CGH素子は、計算機プログラムを利用して製造される光学素子であり、高精度の光学素子を光学基板にコンパクトに組み込むことができる。

【0004】 このCGH素子を利用することにより、多重光をそれぞれの波長の光に分離する波長分波素子あるいは分波された一方の波長の光を分離または結合するための光結合素子のような光学素子を光学基板の積層体にコンパクトに組み込むことができる。従って、この積層体からなる光学装置に光機能素子である例えば半導体レーザのような発光素子あるいはフォトダイオードのような受光素子を結合することにより、双方向通信が可能な光通信端末局に好適な光結合モジュールを構成することができる。

【0005】 このような光結合モジュールのために、一

般的には、半導体基板が用いられる。この半導体基板の一方の面である表面には、平坦度を高めるために、機械的および化学的なエッチング処理を含む鏡面処理が施され、鏡面処理が施された半導体基板の表面に、半導体レーザーあるいはフォトダイオードのような光機能素子が搭載される。この光機能素子が搭載された半導体基板に、これに搭載された前記光学機能素子と前記光学装置とが光学的に結合されるように、該光学装置が支持される。【0006】ところで、例えば光機能素子として半導体レーザーが用いられるとき、この半導体レーザーとして、一般的に端面発光型が採用されている。そのために、このような端面発光型光機能素子が半導体基板の表面に搭載されると、この光機能素子からの光は半導体基板の前記表面と平行な方向へ放射され、この放射光を受けるべくこれに光学的に結合される前記光学装置は、モジュールのコンパクト化のために光機能素子が搭載された半導体基板の端面で支持されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、前記半導体基板の端面は、劈開面であり、該基板の前記表面のような鏡面処理を受けていないことから、極めて平坦性が悪い。そのため、光学素子が搭載された半導体基板と、該基板の端面に支持される前記光学装置との結合に際し、該光学装置と前記光機能素子との光軸合わせを含むアライメント作業が3次元的な調整作業となることから、このアライメント作業は容易ではない。

【0008】そこで、アライメント作業が容易であり、製造コストの低減を図ることができる光通信端末局として用いるのに好適な光結合モジュールおよびその製造方法が望まれていた。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、以上の点を解決するために、光機能素子が搭載される半導体基板には、鏡面処理を受けることにより平坦性に優れた表面が設けられていることに鑑み、基本的には、前記表面に搭載される光機能素子に光学的に結合される光学装置の支持面として、平坦性に優れた前記表面を利用することを特徴とする。

【0010】〈構成1〉ために、本願発明は、鏡面処理を受けた表面を有し該表面上に光機能素子がその光機能面を前記表面とほぼ平行にかつ該光機能面と反対側の表面を前記表面に向けて搭載される半導体基板と、該半導体基板の前記表面上に前記光機能素子に光学的に結合されるべく支持される光学装置とを含むことを特徴とする。

【0011】〈作用1〉本発明によれば、前記半導体基板に搭載される前記光機能素子に光学的に結合される前記光学装置は、鏡面処理を受けることにより平坦性に優れた半導体基板の前記表面を支持面とすることから、前記半導体基板上での前記光学装置のアライメントすなわ

ち位置決めの際し、前記表面である (x, y) 平面上に沿っての前記光学装置の微調整により、比較的容易に適正位置を見い出すことができる。従って、従来のような3次元調整作業が不要となり、アライメント作業が容易になる。また、このアライメント作業が容易になることから、このアライメント作業を機械的にしかも集約的に行うことが可能となる。

【0012】前記したアライメント作業を機械的に行うために、半導体基板の前記表面および該表面に対向する前記光学装置の端面に、光学的結合の最適位置を表示するための一組のアライメントマークを付することができる。

【0013】このような光学的結合の最適位置を表示するアライメントマークを採用することにより、光学装置を含む光学系を動作させた状態で実際の光の挙動に応じて各光学部分の位置を調整する、いわゆるアクティブアライメントを行うことなく、各光学部分の組み付けに際してのアライメントマークの単なる整合作業である、いわゆるパッシブアライメントでもって、アライメント作業を行うことができることから、光学装置と光機能素子との光軸調整を含むアライメント作業が一層容易となる。

【0014】鏡面処理を受けた前記表面に、凹所を形成し、この凹所内に前記光機能素子を収容することができる。このような凹所に収容される光機能素子として、いわゆる面発光型の受光面を有する受光素子を用いることができる。

【0015】光機能素子を収容する前記凹所は前記半導体基板の前記表面へのエッチング処理により形成することができる。半導体基板に化学的エッチング処理を施すことにより、比較的容易にしかも高精度で所定の凹所を形成することができる。前記凹所に、それぞれが前記光学装置に光学的に結合される複数の受光素子を並列して配置することができる。

【0016】また、前記光学装置に光学的に結合される光機能素子として、端面発光型発光素子を用いることができ、前記凹所にそれぞれが前記光学装置に光学的に結合される受光素子および発光素子を配置することができる。前記凹所内への受光素子および発光素子の位置決めを容易とするために、凹所の底面に、アライメントマークを付することができる。このアライメントマークとして、フォトリソグラフィ技術を利用して形成される光機能素子のための電極を利用することができる。

【0017】端面発光型発光素子から前記半導体基板の前記表面と平行に発せられる光を前記光学装置へ向けて前記表面から離れる方向へ案内するために、前記発光素子を収容する前記凹所の少なくとも一方の側壁面を反射面として利用することができる。

【0018】前記発光素子からの発光を監視するためのモニタ用受光素子を前記凹所に配置することができる。

前記発光素子の他端からの光を前記モニタ用受光素子に案内するために、前記凹所の他方の側壁面を反射面として利用することができる。

【0019】前記凹所を第1の凹所とし、該第1の凹所の底面に第2の凹所を形成し、この第2の凹所内に前記受光素子を配置することにより、第1の凹所の底面に配置された前記発光素子からの光が前記受光素子により妨げられないように、しかも該受光素子を前記発光素子の光軸に沿って相互に並列して配置することができる。この並列配置により、光学設計の簡素化を図ることができる。

【0020】半導体基板の単体に代えて、半導体基板とセラミック板あるいはガラス板との複合基板を用いることができる。半導体基板を含む複合基板を用いるとき、半導体基板の特徴を十分に利用する上で、半導体基板を前記凹所が形成される前記表面側に使用することが望ましい。

【0021】すなわち、シリコンのような半導体基板は、セラミック板あるいはガラス板の熱伝導性よりも高い熱伝導性を示すことから、これらに比較して高い放熱性が得られる。従って、基板上に配置される半導体レーザのような発光素子の高温化による不安定動作を防止する上で、前記発光素子が載せられる前記表面を半導体基板で構成することが望ましい。また、半導体基板は、前記凹所の形成にエッチング処理を用いることができることから、凹所を形成するために研削あるいは切削等の加工を受けるセラミック板あるいはガラス板に比較して、加工性に優れている。

【0022】セラミック板あるいはガラス板は、前記半導体基板に比較して、電荷容量が小さい。前記発光素子により高速パルスを得るとき、その駆動回路が前記基板上に設けられるが、この駆動回路の高速化を図る上で、基板側の電荷容量の低減を図ることが望ましく、この点で、セラミック板あるいはガラス板が好ましい。

【0023】前記した半導体基板と、セラミック板あるいはガラス板とからなる複合基板は、それぞれの長所を併せ持つ点で、最も望ましい。

【0024】前記光学装置は、例えば、その一方の端面に、互いに異なる波長の光が信号媒体として重ね合わされた多重光を受ける第1の入力端と、該入力端に受けた多重光から分離された第1の波長成分の光を出力する第1の出力端とを備え、またその他方の端面に、前記多重光から分離される第2の波長成分の光に関し第1の入力端へ向けての双方向通信を可能とするための第2の入力端および第2の出力端を備える。前記光学装置は、第2の入力端および第2の出力端を前記発光素子および前記受光素子の発光面および受光面のそれぞれに対応させるべく、前記一方の端面を前記半導体基板の前記表面に向向させて該半導体基板に支持される。

【0025】前記光学装置の一方の端面および半導体基

板の前記表面のそれぞれに、一組のアライメントマークを付することができる。この一組のアライメントマークを整合させることにより、前記半導体基板および前記光学装置を、該光学装置の第2の入力端および第2の出力端と、前記発光素子および前記受光素子の前記発光面および前記受光面とがそれぞれ対応する整合位置に容易に位置決めすることができる。光学装置の光学素子として計算機プログラム（CGH素子）を利用することができ、このCGH素子を含む光学素子が組み込まれた複数の光学基板を積層することにより、コンパクトな光学装置を構成することができる。

【0026】〈構成2〉また、本発明は、端面処理を受けた表面を有し該表面上に光機能素子とその光機能面を前記表面とほぼ平行にかつ該光機能面と反対側の表面を前記表面に向けて搭載される半導体基板と、該半導体基板の前記表面上に前記光機能素子に光学的に結合されるべく支持される光学装置とを含む光結合モジュールの製造方法において、前記半導体基板の集合体となる半導体ウエハ上に多数の前記光機能素子を集積化して搭載し、複数の前記光学装置を光学素子が組み込まれた複数の光学基板の積層体として集積化して形成し、前記半導体ウエハ上の光機能素子と該光学素子に対応する前記積層体の光学素子とが光学的にそれぞれ結合するように前記半導体ウエハと前記光学基板の積層体とを一括的に接合することにより、光結合モジュールを集積化して形成し、その後、集積化して形成された複数の光結合モジュールを個々に分離することを特徴とする。

【0027】〈作用2〉本発明に係る前記製造方法によれば、前記したように、前記半導体基板の集合体となる半導体ウエハ上に多数の前記光機能素子が集積化して搭載され、また複数の光学装置は光学素子が組み込まれた複数の光学基板の積層体として集積化して形成される。その後、前記半導体ウエハ上の光機能素子と該光学素子に対応する前記積層体の光学素子とが光学的にそれぞれ結合するように前記半導体ウエハと前記光学基板の積層体とが一括的に接合されることから、多数の光結合モジュールが集積化して形成される。従って、集積化して形成された複数の光結合モジュールを個々に分離することにより、多数の光結合モジュールを容易にしかも効率的に製造することが可能となる。

【0028】〈構成3〉本発明は、少なくとも1つの計算機プログラムが組み込まれた複数の光学基板を積層して形成された積層体であってその積層方向に位置する一方の端面に少なくとも1本の光ファイバが結合され、他方の端面に前記光ファイバから前記計算機プログラムを運搬する光の出力端または入力端が設けられた積層体を備える光学装置と、該光学装置の前記積層体を受け入れる凹所であってその深さ方向と直角な方向に前記積層方向を沿わせて前記積層体を横方向に受け入れる凹所が形成され、該凹所が開放する上面の一側に前記光ファイバを位

値決めべく該光ファイバを受け入れる凹溝が形成されかつ前記凹溝が開放する前記上面の他側にアライメントマークが形成された半導体基板と、該半導体基板の前記上面上の前記アライメントマークにより規定される所定位置に配置され前記積層体の前記出力端または入力端に光学的に結合される光機能素子とを含む光結合モジュールであって、前記半導体基板の前記上面の前記凹溝および前記アライメントマークは、単一のマスクを用いたホトリソグラフィおよびエッチング処理により形成されていることを特徴とする。

【0029】（作用）本発明に係る前記光結合モジュールによれば、一端に光ファイバが結合され、他端に入力端または出力端が設けられた積層体は、半導体基板の凹所に収容されるとき、該凹溝が開放する半導体基板の上面の一端に形成された凹溝に収容される。この半導体基板の前記他端に設けられた入力端または出力端に光学的に結合される前記光機能素子は前記凹溝の形成時に、単一のマスクを用いたホトリソグラフィおよびエッチング処理によりこれと同時に形成されるアライメントマークにより適正位置に設けられる。

【0030】従って、前記光機能素子を動作させて該光機能素子と前記積層体との光結合についての調整であるアクティブアライメントを行うことなく、前記アライメントマークを用いた前記したと同様なパッシブアライメントでもって、アライメント作業を行うことができることから、光学装置と光機能素子との光軸調整を含むアライメント作業が一層容易となる。

【0031】前記積層体は、例えば全体に直方体形状を呈し、該積層体が前記凹所に収容されたときに前記凹所の底面に対向する前記積層体の側面と前記光ファイバとの間隔を、前記凹溝の底部から前記凹所の底面までの距離よりも小さく設定することにより、前記光ファイバが前記凹溝に収容されるように前記積層体が前記凹所に収容されたとき、前記凹所に、該凹所の底面と該底面に対向する前記積層体の側面との間に間隔をおくに十分な深さ寸法を与えることができる。

【0032】前記光ファイバは、該光ファイバの端部を受け入れる受け入れ孔が形成され前記積層体の一端に固着された接続板を介して前記積層体に接続することができ、前記接続板は前記積層体と一体的に前記凹所に収容することができる。前記光素子が半導体レーザであるとき、前記積層体の他端に、前記半導体レーザからの光が該半導体レーザに帰還することを防止するための光非相干素子を設けることが望ましい。

【0033】前記半導体基板の凹溝に収容される光ファイバにフェルルールを装着することができ、前記凹溝は前記フェルルールを介して前記光ファイバを受け入れる。

【0034】また、前記光ファイバおよび該光ファイバを収容する前記フェルルールを前記積層体の前記半導体基板の端面を越えて突出させることができる。この突出端部

は、該端部を一端で受け入れるスリーブ部材であってその他端で前記端部に接続される光ファイバおよび該光ファイバの先端部を覆うフェルルールを受け入れるスリーブ部材と共に、密封可能なシールド構造を構成する。

【0035】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図示の実施の形態について詳細に説明する。

〈具体例1〉図1および図2は、本発明に係る光結合モジュールの具体例1を概略的に示す。具体例1に係る光結合モジュール10は、図1および図2に示されているように、2つの受光素子11および12（図1では、一方の受光素子11が発光素子13の背面側に位置するために表れていない。）と1つの発光素子13からなる3つの光機能素子11、12および13と、該光機能素子を搭載するための半導体基板14と、該半導体基板に支持されるブロック状の積層体15a'を備える光学装置15を含む。

【0036】光学装置15は、具体例1では、それぞれ図示しない光ファイバの接続端となる第1の入力端16および第1の出力端17が一方の面18aに設けられた例えば第1のガラス基板18と、該ガラス基板の他方の面18bに、一方の面19aを接合される第2のガラス基板19と、該ガラス基板の他方の面19bに、一方の面20aを接合される第3のガラス基板20と、該ガラス基板の他方の面20bに、一方の面21aを接合される第4のガラス基板21とからなる積層体15a'を備える。

【0037】各ガラス基板18～21の屈折率 $n1 \sim n4$ は、それぞれが同一となるようにあるいは相互に異なるように、適宜設定することができる。また、各ガラス基板18～21に代えて、光学的にこれと等価の例えば半導体基板を光学基板18～21として用いることができる。

【0038】第1の入力端16には、それぞれが信号媒体となる例えば1.3 μm および1.55 μm の波長を有する光を相互に重ね合わせた多重光が入力する。また、第1の出力端17には、その一方の波長成分が案内される。

【0039】一端に第1の入力端16および第1の出力端17が設けられた前記積層体15a'の他端となるガラス基板21の他方の面21bには、双方向通信を可能とするための一対の第2の入力端23および出力端22が設けられている。第2の入力端23は、半導体基板14に搭載された発光素子13からの光を受ける。また、第2の出力端22は、半導体基板14に搭載された一方の受光素子11へ向けて他方の波長成分の光を放出する。

【0040】第1のガラス基板18と第2のガラス基板19との間には、第1および第2の計算機ホログラム（Computer Generated Hologram、以下、単にCGH素

子と称する。) 24および25が配置されている。また、第2のガラス基板19と第3のガラス基板20との間には、波長分波素子としてのWDMフィルタ26が配置されている。また、第3のガラス基板20と第4のガラス基板21との間には、第3のCGH素子27が配置されている。

【0041】さらに、前記積層体の他端である第4のガラス基板21の他方の面21bに形成される第2の出力端22および第2の入力端23には、第4および第5のCGH素子28および29がそれぞれ配置されている。

【0042】図1に示す例では、第1および第2のCGH素子24および25は、第1のガラス基板18の他方の面18bにそれぞれ並列的に形成されている。また、分波素子であるWDMフィルタすなわち波長選択フィルタ26は、ガラス基板19の他方の面19bに形成されている。また、第3のCGH素子27は、第3のガラス基板20の他方の面20bに形成されている。

【0043】第4および第5のCGH素子28および29は、前記したとおり、ガラス基板21の他方の面21bにそれぞれ並列的に形成され、第2の出力端22および第2の入力端23をそれぞれ規定する。

【0044】第1のCGH素子24は、第1の入力端16からの多重光からなる発散球面波光を平行光束とするコリメート機能を有し、かつ平行光束をWDMフィルタ26へ向ける偏向機能を有する。

【0045】WDMフィルタ26は、第1のCGH素子24に案内された多重光のうち、波長1、 $55\mu\text{m}$ を有する第1の成分波長の光を第2のCGH素子25へ向けて反射する。また、WDMフィルタ26は、多重光のうちの波長1、 $3\mu\text{m}$ を有する第2の波長成分を透過させる。

【0046】WDMフィルタ26により反射された第1の波長成分である波長1、 $55\mu\text{m}$ の平行光束は、集光機能を有する第2のCGH素子25により、第1の出力端17へ向けて集光される。この第1の出力端17から取り出された第1の波長成分の光は、例えばテレビのような一方向通信の端末装置に送られる。

【0047】WDMフィルタ26を透過した第2の波長成分である波長1、 $3\mu\text{m}$ の平行光束は、高次回折を利用した分岐機能を有する第3のCGH素子27により、第4のCGH素子28および第5のCGH素子29へ向けて分岐される。この第3のCGH素子27が2位相のリニアグレーティングからなるとき、1次回折光および-1次回折光のそれぞれの回折効率率は約40%であり、1:1の分波器として機能する。

【0048】CGH素子では、後述する製造に使用されるフォトリソグラフィ用エッチングマスクの数、すなわち位相数と、そのときのエッチング深さの制御により、種々の分岐機能を実現することができる。

【0049】第4のCGH素子28に向けられた第2の

波長成分の平行光束は、該第4のCGH素子の集光機能により、発光素子13に集光する。また、第5のCGH素子29に向けられた第2の波長成分の平行光束は、第5のCGH素子29の集光機能により、受光素子11に向けられる。この受光素子11には、例えば図示しない電話機の受信回路が接続され、これにより、第2の波長成分の光に含まれる情報が取り出される。

【0050】光学装置15の前記した光学系では、例えば電話機の発信回路からの情報信号に応じた第2の波長成分の光信号が発光素子13から、第4のCGH素子28へ向けて発散されると、この第2の波長成分の光は、分岐機能を有する第3のCGH素子27、WDMフィルタ26および第1のCGH素子24を経て、第1の入力端16に案内される。従って、多重光の発信源(図示せず)と、この多重光をその第1の入力端16に受ける光学装置10との間の双方向通信が、該光学装置の第2の出力端22および第2の入力端23を用いることにより、可能となる。

【0051】前記したCGH素子の製造には、CADが用いられる。このCADのために、所望の回折光学特性を示すホログラム内での光の位相差関数が求められる。この位相差関数は、光路差関数 $\rho(x, y)$ と呼ばれており、この光路差関数の光路差係数すなわち位相係数 C_N を求め、この位相係数 C_N をCADプログラムに代入することにより、フォトリソグラフィによって所望形状を得るのに必要なフォトリソグラフィ用マスクのパターンを生成させることができる。このようなCADプログラムの一例として、アメリカ合衆国カリフォルニア州に在るHP社のCgH CADがある。

【0052】このCADプログラムの実行により、所望の回折光学特性を示すCGH素子を得るためのマスク条件を求めることができる。このマスク条件に沿って、マスクを製作し、これらのマスクを用いたフォトリソグラフィにより、光学基板である各ガラス基板18~21にエッチング処理を施すことにより、前記した各所望の回折光学特性を示すCGH素子24~29を形成することができる。

【0053】前記した光学装置15と光学的に結合される受光素子11および発光素子13並びに前記受光素子12を搭載する半導体基板14は、例えば(100)を表面14aとして、この表面14aが化学エッチング処理により鏡面処理を受けたシリコン結晶基板からなる。半導体基板14の表面14aは、鏡面処理を受けることにより、高い平坦度を有する。この表面14aに、前記受光素子11および12と、発光素子13とが配置される。

【0054】図1および図2に示す例では、表面14aには、さらに部分的なエッチング処理が施されており、このエッチング処理により凹所30が形成されている。この凹所30は、表面14aに平行な底面30aと、該

底面の両縁から互いに相離れる方向へ立ち上がる一対の傾斜側壁30bおよび30cとを備える。この凹所30内に、一方の受光素子11および発光素子13が収容されており、この凹所30を規定する半導体基板14の肩部に他方の受光素子12が配置されている。

【0055】一方の受光素子11は、表面に受光面を有する光機能素子であり、この光機能素子として、例えば面受光型フォトダイオードを用いることができる。この受光素子11は、光学装置15の第2の出力端22から光信号を受け取るべく、その受光面11aが半導体基板14の表面14aにほぼ平行となるように、前記受光面と反対側の表面で凹所30の底面30eに固定されている。受光素子11は、第2の出力端22からの光信号を電気信号に変換する作用をなす。

【0056】発光素子13は、端面に発光面を有する端面発光型光機能素子であり、図示のとおり、例えば両端面に発光面13aおよび13bを有する端面発光型半導体レーザを用いることができる。発光素子13は、凹所30の一対の傾斜側壁30bおよび30cにそれぞれの発光面13aおよび13bを対向させるように、しかも、その光軸31が、光学装置15の第2の出力端22および第2の入力端23の中心を結ぶ中心線の投影線32に、ほぼ45度の角度で以て点Aで交わるように、凹所30の底面30eに固定されている。

【0057】発光素子13の発光面13aからのレーザ光は、一方の傾斜側壁30bでの反射により、第2の入力端23へ向けられる。また、発光素子13の他方の発光面13bからのレーザ光は、他方の傾斜側壁30cでの反射により、他方の受光素子12の受光面12aに向けられる。

【0058】他方の受光素子12は、例えば受光素子11におけると同様な面受光型フォトダイオードである。この受光素子12は、他方の傾斜側壁30cで反射された発光素子13からのレーザ光を受け取るべく、その受光面12aを下方へ向けて、しかも該受光面が底面30eとほぼ平行となるように配置され、半導体基板14の上面14aに固定されている。受光素子11は、発光素子13からのレーザ光を、モニタ光として受ける。

【0059】図3に示す例では、傾斜側壁30cには、該傾斜側壁と平行であり該傾斜側壁と実質的に同一の傾斜面30c'を規定する凹部33が形成されている。他方の受光素子12は、この凹部33内に受光面12aを向けて配置されており、凹部33の3つの上縁33a、33bおよび33cで確実に保持されている。従って、図3の例では、発光素子13の他方の発光面13bからのレーザ光は、傾斜側壁30cと実質的に同一の傾斜側壁30c'により、受光素子12の受光面12aに向けて反射を受ける。

【0060】反射面となる各傾斜側壁30bおよび30c'の適正な傾斜角は、前記したように半導体基板14

に(100)面のシリコン結晶基板が用いられているとき、凹所30の底面30eと55度の傾斜をなす(111)面で形成することができる。この(111)面からなる各傾斜側壁30bおよび30c'は、エッチング液の選択により、容易に形成することができる。また、反射面となる各傾斜側壁30bおよび30c'の反射率を高めるために、各傾斜側壁30bおよび30c'に、例えば蒸着により金属反射膜を形成することが望ましい。

【0061】半導体基板14上に各光機能素子11、12および13を搭載するについて、半導体基板14上の適正位置に各光機能素子11、12および13のためのマーキングを付するが、このマーキングを利用することにより、各光機能素子11、12および13を比較的容易に適正な光学結合位置に配置することができる。

【0062】このマーキングとして、図2に示すように、各光機能素子11、12および13のための半導体基板14に形成される電極(11'、12'および13')を利用することができる。各電極(11'、12'および13')の形成には、フォトリソグラフィ技術が利用されており、このフォトリソグラフィ技術により形成される電極は、1μm以下の許容誤差で形成されることから、この電極(11'、12'および13')をアライメントマークとする画像認識技術により、極めて高精度で各光機能素子11、12および13の正確な位置決め作業が可能となる。

【0063】各光機能素子11、12および13が搭載された半導体基板14の表面14aには、光学装置15がその他端21bで結合される。図1に示す例では、例えば半導体材料からなるスペーサ34を介して光学装置15と半導体基板14とが結合されている。このスペーサ34を、例えば半導体基板14の表面14aにエッチング処理を施すことにより、該基板の一部としてこれに一体的に形成することができる。

【0064】両者14および15の結合に際し、第2の出力端22からの光が受光素子11に確実に案内され、また発光素子13の発光面13aからのレーザ光が確実に第2の入力端23に案内されるように、アライメント調整が施される。

【0065】本発明に係る光結合モジュール10では、前記した半導体基板14および光学装置15のアライメント調整は、鏡面処理を受けることにより極めて平坦度に優れた半導体基板14の表面14aを基準面として、該面上を、例えば光学装置15を平行移動させることにより、受光素子11および発光素子13と、第2の出力端22および第2の入力端23とがそれぞれ適正に光学的に結合する位置を見つけ出すことができる。

【0066】従って、従来のような各ガラス基板18〜21の厚さ寸法方向に沿った軸線の傾きすなわちZ軸に関する傾き調整は不要となり、半導体基板14の表面14aに沿ったX軸およびY軸を含む平面上でのアライメ

ントにより、適正なアライメント調整が行える。

【0067】〈具体例2〉図4および図5に示す光結合モジュール10では、図5に明確に示されているように、光結合モジュール10の第2の出力端22および第2の入力端23の中心を結ぶ中心線の投影線32が発光素子13の光軸31と直交する。また、投影線32が一方の傾斜側壁30bに沿って伸びることから、第2の出力端22からの光を受ける受光素子11を適正位置に保持するために、傾斜側壁30bには、凹部35が設けられている。

【0068】受光素子11は、その受光面11aを光学装置15の第2の出力端22に対向させるように、その一部が凹部35内に収容されて配置されている。

【0069】具体例2では、第4のCGH素子28が設けられる第2の出力端22および第5のCGH素子29が設けられる第2の入力端23とを結ぶ前記中心線の投影線32を凹部35の伸長方向に一致させることができ、構成の簡素化を図ることができる。

【0070】前記した例に限らず、光学装置15の第2の出力端22および第2の入力端23の配置関係に応じて、それぞれに対応する受光素子11および発光素子13を含む各光機能素子11、12および13を、半導体基板14上に適正に配置することができる。

【0071】前記した光結合モジュール10を製造するについて、図6に示されているように、大型のガラス基板18'～21'を多数の区画に分けて各区画ごとにそれぞれ必要な光学素子24～29を集積化して形成することができる。各光学素子24～29が組み込まれた各大型ガラス基板18'～21'は層状に接合される。このガラス基板18'～21'の接合により、多数の光学装置15が集積化してなる積層体15'が形成される。

【0072】他方、半導体基板14の集合体である半導体ウエハ14'の鏡面処理が施された表面14a'は、前記基板18'～21'の区画に対応して区画され、各区画ごとにそれぞれ各光機能素子11、12および13が搭載される。これにより、半導体ウエハ14'上に各光機能素子11、12および13が搭載された多数の半導体基板14が集積化して形成される。

【0073】この後、ガラス基板18'～21'の接合により、多数の光学装置15が集積化してなる前記積層体15'と、各光機能素子11、12および13が搭載された多数の半導体基板14の集合体である半導体ウエハ14'とは、相互に接合される。

【0074】この接合に際し、適正な光学結合位置を示すアライメントマーク36および37を積層体15'の下面および半導体ウエハ14'の表面14a'にそれぞれ形成し、このアライメントマーク36および37の接合により、両者の整合位置を決めることができる。このアライメントマークの採用により、前記した各光機能素子11、12および13のアライメントにおける同

様、画像認識機構の採用によって、高精度での効率的なアライメント作業が可能となる。

【0075】積層体15'および半導体ウエハ14'の接合後、各区画に応じて、光結合モジュール10を切り出すことができ、これにより多数の光結合モジュール10を効率的に製造することが可能となる。

【0076】また、半導体ウエハ14'および積層体15'を接合することなく、図7に示されているように、半導体ウエハ14'および積層体15'から各光機能素子11、12および13が搭載された半導体基板14および光学装置15をそれぞれ切り出し、その後、各の半導体基板14および光学装置15を接合して光結合モジュール10を形成することができる。

【0077】この場合、半導体基板14および光学装置15のアライメントを容易とするために、半導体基板14の表面14a'および光学装置15の下面に前記したと同様なアライメントマーク36および37を付すことができる。

【0078】半導体ウエハ14'および積層体15'からそれぞれアライメントマーク36および37が付された各半導体基板14および光学装置15を切り出した後、これらを接合することにより、比較的小型の画像認識機構を用いても高精度での光結合モジュール10の自動組立が可能となる。

【0079】〈具体例3〉図8～図10に示される具体例3の光結合モジュール10では、光学装置15は、その一端15aに多数の出力端17を備え、その他端15bにも出力端17に対応したCGH素子29からなるレンズアレイを備える。半導体基板14の凹部30内には、図9および図10に示されているように、各CGH素子29に対応して多数の発光素子13が配列されている。

【0080】各発光素子13の一方の発光面13aからのレーザ光は、図8に明確に示されているように、凹部30の一方の傾斜側壁30bの反射により、対応する入力端23に設けられた各CGH素子29を経て、各CGH素子29に対応する出力端17に案内される。また、各発光素子13に対応して、その他方の発光面13bからのレーザ光を他方の傾斜側壁30cで反射するモータ光として受ける受光面12aを有する受光素子12が連続的に形成されている。

【0081】このような多数の発光素子13を含む光機能素子13が搭載された半導体基板14の表面14a'は、鏡面処理を受けることにより極めて平坦度が高められており、この表面14a'に前記したと同様なスペーサ34を介して、光学装置15が結合されている。

【0082】従って、この具体例3の光結合モジュール10では、具体例1および2におけると同様に、半導体基板14の極めて平坦度に優れた表面14a'を基準面として、光学装置15が結合されることから、この光学装

置15と半導体基板14上の発光素子13とを適正に結合するためのアライメント作業は従来に比較して容易に行うことができる。

【0083】〈具体例4〉図11および図12に示される具体例4の光結合モジュール10では、光学装置15は、その一端に波長の異なる多重光を受ける入力端16を備える。また光学装置15は、その他端に、入力端16に受けた入力光を波長に応じて分岐する波長分岐機能（CGH素子28）を有する。波長分岐機能（CGH素子28）は、入力端16に受けた光をその波長に応じた偏向角度で、CGH素子28により規定される出力端22から半導体基板14の凹所30の底面30eに向けて案内する。

【0084】半導体基板14の凹所30の底面30eには、それぞれの偏向角度で案内される波長成分の光を受けるべく、多数の受光素子11がそれぞれの受光面11eを上方向に向けて底面30e上に配列されている。

【0085】具体例4の光結合モジュール10では、具体例1ないし3におけると同様に、半導体基板14の極めて平坦度に優れた表面14aを基準面として、光学装置15が結合されることから、この光学装置15と半導体基板14上の多数の受光素子11とを適正に結合するためのアライメント作業は従来に比較して容易に行うことができる。

【0086】また、具体例4では、各受光素子11が凹所30内に収容されていることから、スペーサ34を不要とすることができる。

【0087】〈具体例5〉図13および図14に示す具体例5の光結合モジュール10では、光学装置15の第2の出力端22および第2の入力端23の配置関係に応じて、それぞれに対応する受光素子11および発光素子13がこの発光素子の光軸31に一致して直線上に配置されている。

【0088】半導体基板14の表面14aには、図13に明確に示されているように、表面14a上に大きく開放する第1の凹所30が形成されており、この凹所30の底面30eの中央部には、凹所30よりも開放面積の小さな第2の凹所30'が形成されている。受光素子11は、その受光面11eを第2の出力端22へ向けて第2の凹所30'内に収容されるように、該第2の凹所30'の底面30e'に固定されている。

【0089】また、発光素子13は、凹所30の底面30eの第2の凹所30'を除く領域に配置されている。発光素子13の一方の発光面13aからのレーザー光が凹所30の傾斜側壁30bを経て第2の入力端23に向けられかつ他方の発光面13bからのレーザー光が凹所30の他方の傾斜側壁30cを経てモニタ用受光素子12に向けられるように、図14に示されているように、受光素子11、12および発光素子13が該発光素子の光軸31に一致して直線上に並列して配置されている。この

発光素子13の光軸31は、光学装置15の第2の出力端22および第2の入力端23の中心を結ぶ中心線の投影線32と一致する。

【0090】図13に示す例では、発光素子13からモニタ用受光素子12に向けられる光と、第2の出力端22から受光素子11の受光面11eに向けられる光とが交差するが、この光の交差は部分的であり、それぞれの光の投影先に実質的な交差の影響が及ぶことはない。

【0091】具体例5に示したように、凹所30内の第2の凹所30'内に受光素子11を配置することにより、発光素子13からの光が受光素子11により妨げられることなく、受光素子11、12および発光素子13を前記投影線32に一致して直線上に並列させることができる。従って、第2の出力端22および第2の入力端23の中心を結ぶ中心線の投影線32と発光素子13の光軸31との間にねじれ角を設定することなく光路を設定することができることから、光学設計の簡素化を図ることができる。

【0092】具体例5の例においても、図示しないが、受光素子11、12および発光素子13の所定位置を表すアライメントマークを前記したと同様な各素子のための電極11'、12'および13'で構成することができる。また、他の具体例におけると同様に、前記電極の形成時に、該電極の形成材料により電極の形成方法と同一方法によりこれと同時に、電極として機能しない部分を形成し、この部分をアライメントマークとすることができる。

【0093】〈具体例6〉図15ないし図17は、具体例5に示した第2の凹所30'を有する光結合モジュール10を、多数の第1の入力端16および多数の第1の出力端17が設けられたいわゆるマルチポートタイプに適用した例を示す。

【0094】図16に示されているように、光学装置15の積層体15a'の一端に設けられる多数の第1の入力端16に対応して、積層体15a'の他端には、各第2の入力端23を規定する多数の第5のCGH素子29からなるレンズアレイが形成されている。また、積層体15a'の他端には、多数の第1の出力端17に対応して、第2の出力端22のための第4のCGH素子28からなるレンズアレイ（図示せず）が形成されている。

【0095】これらレンズアレイに対応して、具体例3に示したと同様に、多数の受光素子11、モニタ用受光素子12および発光素子13がそれぞれ配列される。図17に示されているように、両受光素子11および12のうち、受光素子11は第2の凹所30'の底面30e'上に並列して配置され、また発光素子13は第1の凹所30の底面30eに並列して配置されている。

【0096】このようなマルチポートタイプでは、多数の受光素子11、12および発光素子13が規則的に配列されることから、これら各素子のアライメントマーク

として前記したような電極を利用することが、パッシブアライメントを可能とすることにより、各素子のアライメント調整を容易とすることができることから、特に有効である。

【0097】〈具体例7〉各光機能素子11、12および13が搭載される半導体基板を複合板とすることができる。図1日および19に示す具体例7の光結合モジュール10では、半導体基板14と、セラミックあるいはガラスのようなシリケート材料（窯業材料）からなる絶縁基板14'とを張り合わせて成る複合基板（14および14'）が用いられている。

【0098】図示の例では、第1の凹所30および第2の凹所30'が形成される上方基板に半導体基板14が用いられ、その下面に張り合わせられる下方基板に絶縁基板14'が用いられている。また、図示の例では、半導体基板14の第1の凹所30の底面30aに設けられた第2の凹所30'は半導体基板14をその板厚方向に貫通して形成されている。その結果、第2の凹所30'の底面30a'には、下方基板である絶縁基板14'が露出しており、当該露出面に受光素子11が配置されている。

【0099】シリコンのような半導体基板14は、セラミック板あるいはガラス板の熱伝導性よりも高い熱伝導性を示すことから、これらに比較して高い放熱性が得られる。従って、基板の上に配置される半導体レーザーのような発光素子13の高温化による不安定動作を防止する上で、前記発光素子13が載せられる上方基板を半導体基板14で構成することが望ましい。また、半導体基板は、前記凹所30および30'の形成にエッチング処理を用いることができることから、凹所30および30'を形成するために研削あるいは切削等の加工を受けるセラミック板あるいはガラス板に比較して、加工性に優れている。

【0100】他方、セラミック板あるいはガラス板のような絶縁基板14'は、前記半導体基板14に比較して、電荷容量が小さい。したがって、前記発光素子13により高速パルスを得るとき、その駆動回路（図示せず）が前記基板上に設けられるが、この駆動回路の高速化を図る上で、基板側の電荷容量の低減を図ることが望ましく、この点で、セラミック板あるいはガラス板が好ましい。

【0101】前記した半導体基板14と、セラミック板あるいはガラス板のような絶縁基板14'とからなる複合基板（14および14'）は、それぞれの長所を併せ持つ点で、最も望ましい。また、半導体基板14を下方基板に使用し、絶縁基板14'を上方基板として使用することができるが、前記した長所を有効に利用する上で、前記したとおり、基板表面を半導体基板14で構成すべく、該半導体基板を上方基板として用いることが望ましい。

【0102】第2の凹所30'を半導体基板14に貫通させることなく、第2の凹所30'の底面30a'を半導体基板14の薄肉部（図示せず）で形成することができる。

【0103】また、半導体基板14の第1の凹所30および第2の凹所30'をエッチング処理で形成するとき、第1の凹所30を第2の凹所30'の形成後に形成することが望ましい。なぜなら、第1の凹所30の傾斜面30bおよび30cは発光素子13からの光の反射面として利用され、この第1の凹所30の精度が光学特性に大きな影響を及ぼす。そのため、第1の凹所30を高精度のエッチング処理により形成した後、第2の凹所30'のためのエッチング処理の影響を排除するには、既に形成された第1の凹所30の傾斜面30bおよび30cを含む領域を部分的にマスキングする必要が生じる。

【0104】これに対し、前記したように、第1の凹所30に比較して高精度が問題とならない第2の凹所30'を形成した後、第2の凹所30'を形成することにより、前記したマスキングを施すことなく、第2の凹所30'および高精度の第1の凹所30をエッチング処理により、好適に形成することができる。

【0105】また、図1日に示すように、光学装置15の積層体15a'の端面15aに第1の入力端16たる光ファイバおよび第1の出力端17たる光ファイバをそれぞれの接続穴38aおよび38bに受け入れる例はセラミック板あるいはガラス板からなるファイバ接続板38を設けることができる。ファイバ接続板38の予め定められた各接続穴38aおよび38bに各光ファイバ（16および17）を挿入後、該光ファイバをファイバ接続板38に固定することにより、各ファイバ（16および17）と積層体15a'とを適正かつ容易に接続することができる。

【0106】前記したような複合基板およびファイバ接続板は、前記したマルチポートタイプの光結合モジュール10にも適用することができる。

【0107】以下の例では、全体に直方体形状を有する積層体15a'を備える光学装置15をその積層体15a'の積層方向が横方向となるように半導体基板14に搭載した例について説明する。

〈具体例8〉具体例8の光結合モジュール10では、図20および図21に示されているように、光学装置15が搭載される半導体基板14は、該基板に全体に矩形状の窓を規定する上端開放の凹所39を備える。凹所39は、図21に示されているように、半導体基板14の表面14aから寸法Dの深さを有する。

【0108】凹所39内には、前記したと同様な光学装置15の積層体15a'が横方向に、すなわち凹所39の深さ方向と直角な方向に前記積層方向を沿わせて、その一側部を収容されている。前記積層体15a'の一端には、前記したと同様な第1の入力端16を構成する光

ファイバおよび第1の出力端17を構成する光ファイバが、ファイバ接続板38を介して、それぞれ接続されており、具体例8では、ファイバ接続板38が積層体15a'と一体的に凹所39内に収容されている。

【0109】半導体基板14の表面14aの一端には、積層体15a'の一端から伸びる各光ファイバ16および17を位置決めするべく、それぞれを受け入れる凹溝40および41が形成されている。各光ファイバ16および17は、凹溝40および41に沿って伸長し、半導体基板14の端面から突出する。

【0110】半導体基板14の表面14aの他側には、積層体15a'の他端に設けられた第2の出力端22および第2の入力端23に対応して、前記したと同様な受光素子11、モニタ用受光素子12および発光素子13が搭載されている。各素子11、12および13は、各光ファイバ16および17がそれぞれの凹溝40および41内に受け入れられるように、光学装置15の積層体15a'が正しく凹所39内に収容されたとき、光学装置15の出力端22および23に受光素子11および発光素子13が適正に光学的に結合され、かつ受光素子12および発光素子13が相互に適正に光学的に結合されるように、それぞれの電極11'、12'および13'をアライメントマークとして、位置決めされている。

【0111】各素子11、12および13のアライメントマークとなるそれぞれの電極11'、12'および13'は、半導体基板14の表面14aの前記他側に電極形成のための金属膜（図示せず）を形成した後、この金属膜にマスクを用いたエッチング処理を施し、この選択エッチング処理によって前記金属膜の不斉部分を除去することにより、形成することができる。また、前記半導体基板14の表面14aの前記一側に形成される各凹溝40および41をマスクを用いた選択エッチング処理により、形成することができる。

【0112】そこで、電極形成のための前記したフォトリソグラフィおよびエッチング処理に使用される前記マスクの形成時に、前記凹溝40および41の形成に使用されるマスク部分を一体的に形成し、その単一のマスクを用いた選択エッチング処理により、アライメントマークとなるそれぞれの電極11'、12'および13'および凹溝40および41を形成することにより、この凹溝40および41により位置決められる光学装置15と、この光学装置15に光学的に結合される受光素子11および13とをフォトリソグラフィの許容誤差内の極めて高い精度で、相互に位置決めすることができ、また発光素子13とモニタ用受光素子12とを、同様に高精度で相互に位置決めすることができる。その結果、前記したような光学のバンプアライメントが可能となる。

【0113】半導体基板14への前記した光学装置15の正確な組み付けを容易とするために、凹所39の深さ寸法は、第1の入力端16および17が各凹溝40お

よび41に収容されるように、光学装置15の積層体15a'が適正に凹所39内に収容されたとき、凹所39の底面39aと、該底面に対向する積層体15a'の側面との間に適正な間隔1をおくように、設定することができる。

【0114】前記凹所39の底面39aに対向する前記積層体15a'の側面と、前記光ファイバ16または17との間隔を、前記凹溝の底部から前記凹所の底面までの距離よりも小さく設定することにより、適正な深さ寸法口を確保することができる。

【0115】（具体例9）図22および23は、第1の入力端16および17に関連して光ファイバ配線（16'および17'）を取り外し可能に接続するレセプタクル構造を適用した例を示す。光結合モジュール10の第1の入力端16および第1の出力端17をそれぞれ構成する光ファイバ16および17には、各光ファイバを保護するフェルール42および43が装着されている。そのため、半導体基板14の表面14aに形成された前記凹溝40および41は、各フェルール42および43を介してそれぞれの光ファイバ16および17を受け入れるべく、その断面が具体例8に比較して拡大されている。

【0116】また、各フェルール42および43は、その内部の光ファイバ16および17と一体的に半導体基板14の一端から突出する。各突出端部には、光ファイバ配線の接続端部すなわち光ファイバ16'および17'の先端部が、これを保護するフェルール42'および43'と共に、当接されており、それぞれの当接端部を覆うスリーブ部材44および45により、光ファイバ16および17と、光ファイバ16'および17'とが取り外し可能に接続されている。

【0117】接着剤等を用いることにより、スリーブ部材44および45を介して、光ファイバ16および17と、光ファイバ16'および17'とを取り外し不可能にすなわち固定的に接続することができる。いずれにしても、光学装置15を半導体基板14に組み込んだ後、前記レセプタクル構造により、光学装置15に前記光ファイバ配線を接続することにより、光結合モジュール10の取り扱いが容易となる。また、前記したレセプタクル構造を採用することにより、光学装置15への前記光ファイバ配線の接続が比較的容易となる。

【0118】（具体例10）図24および25の具体例10に示されているように、光学装置15と発光素子である半導体レーザ13との間に、光非相反素子46を挿入することができる。具体例10に示す光結合モジュール10は、半導体基板14に半導体レーザからなる発光素子13とモニタ用受光素子12とが設けられ、受信用受光素子11が設けられていない送信専用モジュールの例である。

【0119】光学装置15の積層体15a'の一端に

は、半導体基板14に形成された前記したと同様な凹溝41に収容される出力端のための光ファイバ17がファイバ接続板38を介して接続されており、また積層体15a'の他端には、該他端に形成される前記したと同様な入力端23に対応して、例えば従来よく知られたアイソレータからなる光非相反素子46が設けられている。この光非相反素子46は、積層体15a'と一体的に半導体基板14の凹所39内に収容されている。

【0120】光非相反素子であるアイソレータ46は、半導体レーザ13から光学装置15の入力端23へ向けて放出されたレーザ光が半導体レーザ13に戻ることを防止する作用をなし、これにより、半導体レーザ13を安定して動作させることができる。このような非相反素子46として、サークュレータを用いることができる。また、具体例10の光結合モジュール10に、具体例9に沿って説明したと同様なレセプタクル構造を適用することができる。

【0121】また、具体例10に示した光非相反素子46を具体例8および9に示した光結合モジュール10に適用することができ、これにより、半導体レーザ13を安定して動作させることができる。

【0122】前記したところでは、光学装置15に組み込まれる光学素子が主としてCGH素子からなる例について説明したが、光学装置15の光学素子として、形状レンズあるいは屈折率型レンズ等、種々の光学素子を採用することができる。しかしながら、コンパクト化および高精度の光学系を集積的に組み込む上で、前記したようなCGH素子を用いることが望ましい。

【0123】

【発明の効果】本発明によれば、前記したように、半導体基板に搭載される光機能素子に光学的に結合される光学装置の支持面として、鏡面処理を受けることにより平坦性に優れた前記半導体基板の表面が使用されることから、前記半導体基板上での前記光学装置のアライメントに際し、前記表面上に沿った前記光学装置の微調整により、比較的容易に通正位置を見出すことができ、これによりアライメント作業が従来に比較して極めて容易になり、従来に比較して安価な光結合モジュールを提供することができる。

【0124】また、本発明によれば、前記したように、半導体ウエハ上に多数の前記光機能素子を集積化して搭載し、また複数の光学装置を複数の光学基板の積層体として集積化して形成した後、前記半導体ウエハ上の光機能素子と該光学素子に対応する前記積層体の光学素子とが光学的にそれぞれ結合するように前記半導体ウエハと前記光学基板の積層体とを一括的に接合することにより、多数の光結合モジュールを集積化して形成し、この集積化して形成された複数の光結合モジュールを個々に分離することにより、多数の光結合モジュールを容易にしかも効率的に製造することが可能となる。

【0125】また、本発明によれば、前記したように、光学装置の前記積層体を横方向に受け入れる凹所が形成された半導体基板に、前記光学装置の入力端あるいは出力端となる光ファイバを受け入れる凹溝と、前記光学装置に結合される光機能素子のためのアライメントマークを同一マスクを利用して形成することにより、高精度でのパッシブアライメントが可能となることから、比較的容易にしかも安価な光結合モジュールを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る光結合モジュールの具体例1を概略的に示す縦断面図である。

【図2】図1に示した光結合モジュールの半導体基板および光機能素子を示す平面図である。

【図3】半導体基板の一部を破断して部分的に示す斜視図である。

【図4】本発明に係る光結合モジュールの具体例2を概略的に示す縦断面図である。

【図5】図2に示した光結合モジュールの半導体基板および光機能素子を示す平面図である。

【図6】本発明に係る光結合モジュールの製造方法を示す斜視図である。

【図7】本発明に係る光結合モジュールの他の製造方法を示す斜視図である。

【図8】本発明に係る光結合モジュールの具体例3を概略的に示す縦断面図である。

【図9】図8に示された線IX-IXに沿って得られた断面図である。

【図10】図8に示した光結合モジュールの半導体基板および光機能素子を示す平面図である。

【図11】本発明に係る光結合モジュールの具体例4を概略的に示す縦断面図である。

【図12】図11に示した光結合モジュールの半導体基板および光機能素子を示す平面図である。

【図13】本発明に係る光結合モジュールの具体例5を概略的に示す縦断面図である。

【図14】図13に示した光結合モジュールの半導体基板および光機能素子を示す平面図である。

【図15】本発明に係る光結合モジュールの具体例6を概略的に示す縦断面図である。

【図16】図15に示された線XVI-XVIに沿って得られた断面図である。

【図17】図15に示した光結合モジュールの半導体基板および光機能素子を示す平面図である。

【図18】本発明に係る光結合モジュールの具体例7を概略的に示す縦断面図である。

【図19】図18に示した光結合モジュールの複合基板および光機能素子を示す平面図である。

【図20】本発明に係る光結合モジュールの具体例8を概略的に示す平面図である。

【図 2 1】 図 2 0 に示した光結合モジュールを概略的に示す縦断面図である。

【図 2 2】 本発明に係る光結合モジュールの具体例 9 を概略的に示す平面図である。

【図 2 3】 図 2 2 に示した光結合モジュールを概略的に示す断面図である。

【図 2 4】 本発明に係る光結合モジュールの具体例 1 0 を概略的に示す平面図である。

【図 2 5】 図 2 4 に示した光結合モジュールを概略的に

示す断面図である。

【符号の説明】

1 0 光結合モジュール

1 1、1 3 光機能素子

1 4 半導体基板

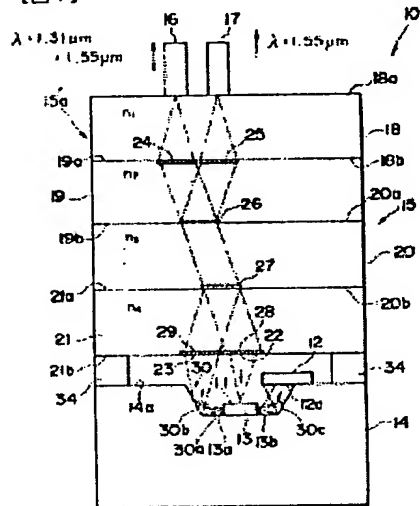
1 5 光学装置

1 6、2 3 入力端

1 7、2 2 出力端

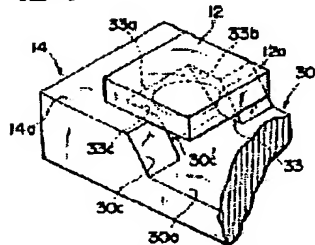
1 8 ~ 2 1 (ガラス基板) 光学基板

【図 1】



本発明に係る光結合モジュールの具体例 1

【図 3】



【図 5】

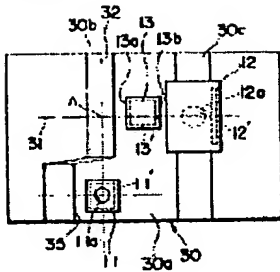


図5は、図2の半導体基板および光絶縁膜の下の

【図 6】

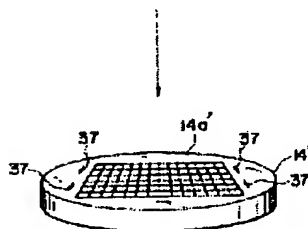
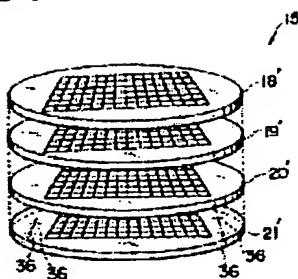


図6は、図2の半導体基板および光絶縁膜の下の

【図 7】

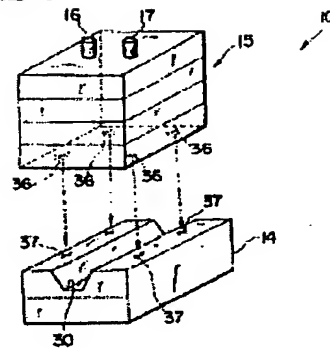


図7は、図2の半導体基板および光絶縁膜の下の

【図 8】

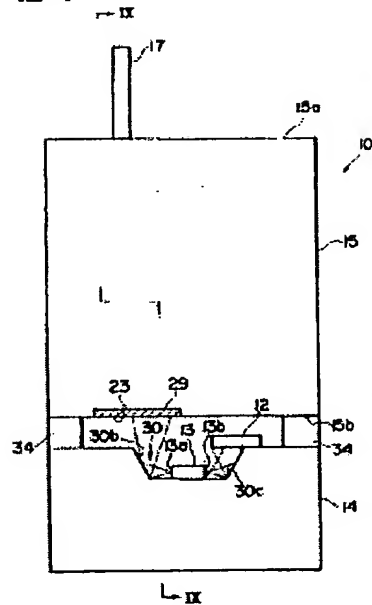


図8は、図2の半導体基板および光絶縁膜の下の

【図 10】

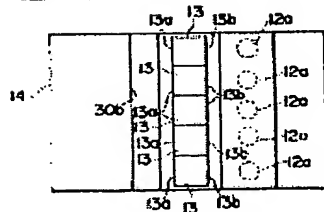


図10は、図2の半導体基板および光絶縁膜の下の

【図 9】

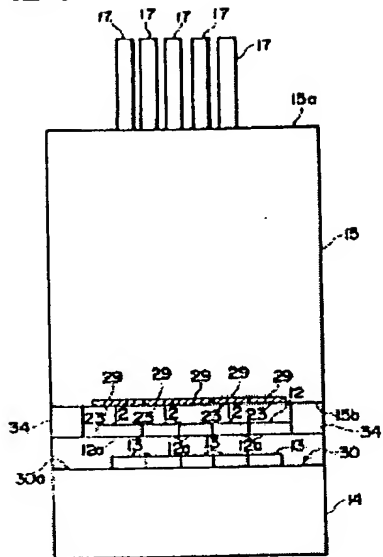


図 8 に示された部材 1 図に沿って得られた断面図

【図 12】

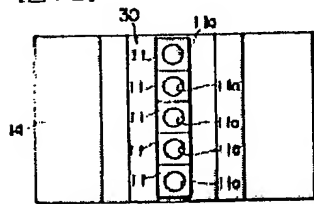
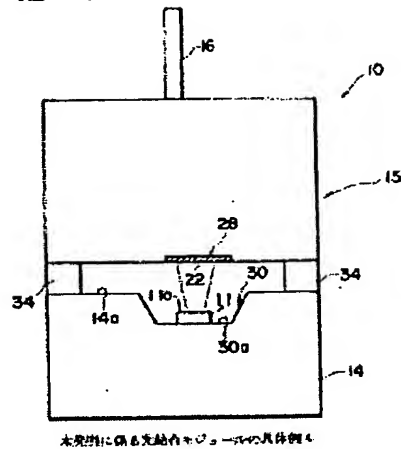


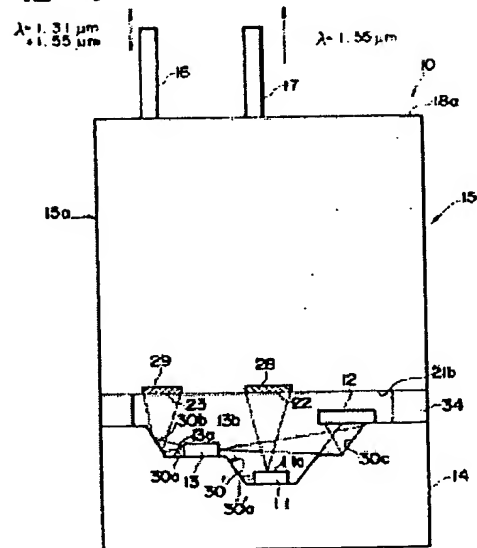
図 11 の下層部材 1 図に沿って得られた断面図

【図 11】



本発明に係る光結合モジュールの具体例 4

【図 13】



本発明に係る光結合モジュールの具体例 5

【図14】

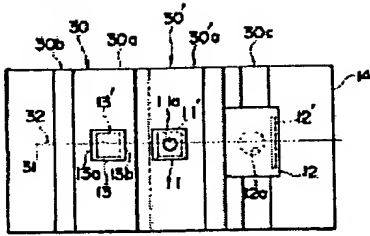


図14の半導体基板上に形成された素子

【図16】

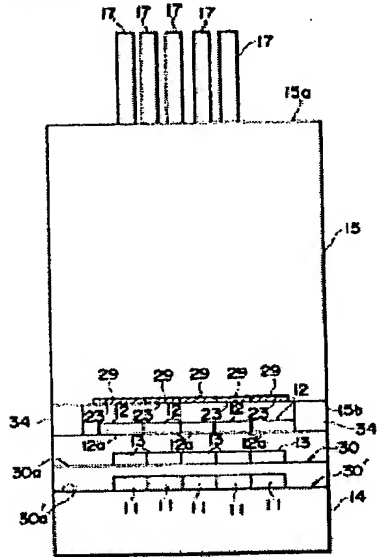
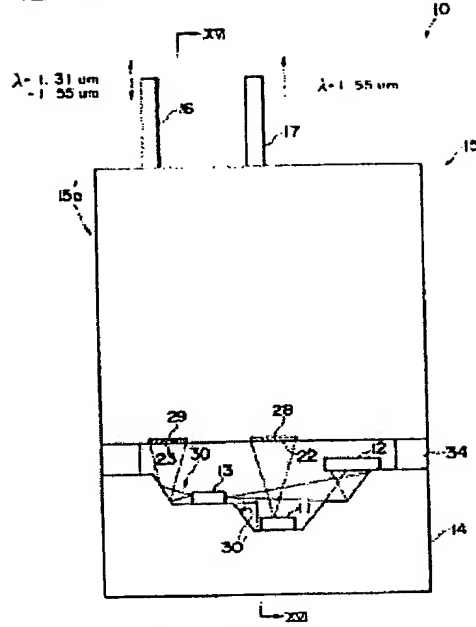


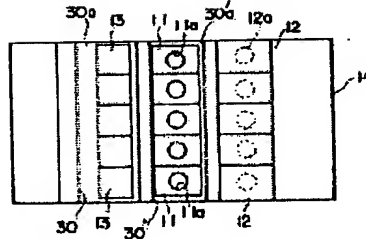
図16に示された素子17によって形成された素子

【図15】



本発明に係る光結合モジュールの具体例B

【図17】



具体例Bの半導体基板上に形成された素子

【図 23】

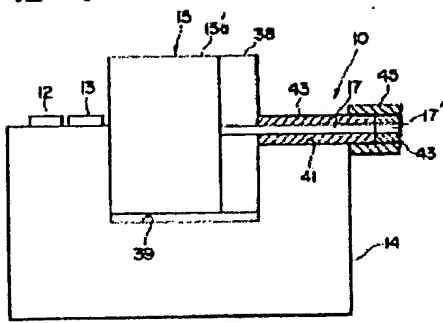
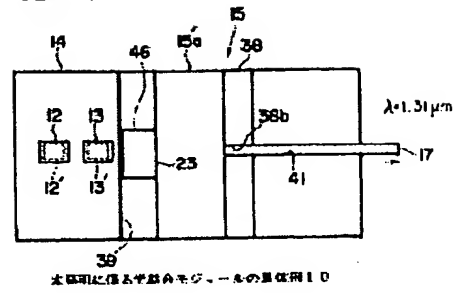


図 23 の断面図

【図 24】



本発明に係る半導体装置の断面図 10

【図 25】

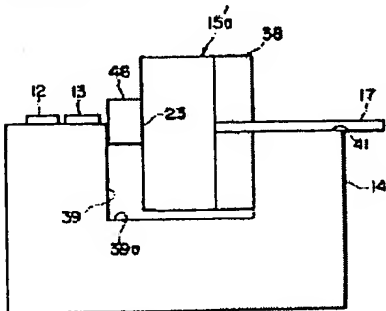


図 25 の断面図